

**ETUDES DES PROCEDES DE TRANSFORMATION
DES COMPOSES D'URANIUM A FORT
ENRICHISSEMENT ISOTOPIQUE**

CONCEPTION ET REALISATION D'UN ATELIER DE TRAITEMENT

par

Patrick NOLLET, Pierre SARRAT

Rapport CEA - R 2672

Genève 1964, A Conf. 28/P/61

CEA-R 2672 - NOLLET Patrick, SARRAT Pierre,

ETUDES DES PROCEDES DE TRANSFORMATION DES COMPOSES D'URANIUM
A FORT ENRICHISSEMENT ISOTOPIQUE.

Sommaire. -

Les ATELIERS DE TRAITEMENT D'URANIUM ENRICHIS de CADARACHE ont pour but : d'une part, de transformer l'hexafluorure d'uranium en métal, ou en oxyde, et d'autre part, de récupérer l'uranium contenu dans les déchets divers produits lors des opérations de transformation métallurgique.

Les principes qui ont été suivis pour la conception et la sécurité de ces ateliers sont exposés. La sécurité nucléaire est basée sur la géométrie des appareils de traitement.

Pour mettre au point les procédés et la technologie de ces ateliers, de nombreuses études ont été conduites depuis 1960, dont certaines ont abouti à des réalisations originales.

La transformation de l'hexafluorure d'uranium à fort enrichissement isotopique s'effectue, soit par injection en phase gazeuse dans l'ammoniaque, ./.

CEA-R 2672 - NOLLET Patrick, SARRAT Pierre,

TRANSFORMATIONS OF HIGHLY ENRICHED URANIUM INTO METAL OR OXIDE.
Summary. -

THE ENRICHED URANIUM WORKSHOPS in CADARACHE have a double purpose : on the one hand to convert uranium hexafluoride into metal or oxide, and on the other hand to recover the uranium contained in scrap materials produced in the different metallurgical transformations.

The principles that have been adopted for the design and safety of these workshops are reported. The nuclear safety is based on the geometrical limitations of the processing vessels.

To establish the processes and the technology of these workshops, many studies have been made since 1960, some of which have led to original achievements.

The uranium hexafluoride of high isotopic enrichment is converted either by injection of the gas into ammonia or by an original process of direct hydrogen reduction to uranium tetrafluoride. ./.

soit par un procédé original de réduction directe en tétrafluorure d'uranium par l'hydrogène.

La récupération de l'uranium contenu dans les déchets métalliques d'uranium-zirconium s'opérera par attaque par l'acide chlorhydrique, puis traitement du chlorure d'uranium par le fluor afin d'obtenir l'uranium sous forme d'hexafluorure.

La récupération de l'uranium contenu dans les déchets divers s'opère par un procédé classique de raffinage : grillage des déchets métalliques, dissolution de l'oxyde obtenu dans l'acide nitrique, purification par solvant au tributyl-phosphate, précipitation à l'ammoniaque, calcination réduction fluoruration, calciothermie et traitement des scories.

Deux ateliers séparés fonctionnent suivant ce procédé : l'un traite l'uranium d'un enrichissement isotopique inférieur ou égal à 3 p. 100, l'autre est réservé aux forts enrichissements. ./.

The uranium contained in uranium-zirconium metal scrap can be recovered by combustion with hydrogen chloride followed treatment of the uranium chloride by fluorine in order to obtain the uranium in the hexafluoride state.

Recovery of the uranium contained in various scrap materials is obtained by a conventional refining process : combustion of metallic scrap, nitric acid dissolution of the oxide, solvent purification by tributyl phosphate, ammonium diuranate precipitation, calcining, reduction and hydrofluorination into uranium tetrafluoride, bomb reduction by calcium and slag treatment.

Two separate workshops operate along these lines : one takes care of the uranium with an isotopic enrichment of up to 3 p. 100, the other handles the high enrichments.

The handling of each step of this process, bearing in mind the necessity for nuclear safety, has raised some special technological problems and has led to the conception of new apparatus, in particular the roasting furnace for metal turnings, the nitric acid dissolution unit, the continuous precipitator ./.

CEA-R 2672 - Suite 3

La mise en oeuvre, d'une manière nucléairement sûre, de chacune des étapes du procédé a posé des problèmes technologiques particuliers et a conduit à concevoir des appareillages spéciaux, notamment : four de grillage des copeaux métalliques, appareil de dissolution nitrique, appareil de précipitation en continu et filtre sécheur du diuranate d'ammonium, four de réduction fluoruration, appareil de traitement des scories, qui sont décrits successivement, ainsi que les études qui ont été menées pour leur mise au point.

Les premiers travaux de génie civil ont débuté en juin 1962 ; l'installation doit entrer en activité en mai 1964.

1964 - Commissariat à l'Energie Atomique - France

16 p.

CEA-R 2672 - Suite 3

and eversafe filter and dryer for ammonium diuranate, the reduction and hydrofluorination furnace and the slag recovery apparatus. These are described successively, together with the studies which led to their development.

The civil engineering construction was begun in June 1962. The workshops are to start production in May 1964.

1964 - Commissariat à l'Energie Atomique - France

16 p.

Les rapports du COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE sont, à partir du n° 2200, en vente à la Documentation Française, Secrétariat Général du Gouvernement, Direction de la Documentation, 16, rue Lord Byron, PARIS VIIIème.

The C.E.A. reports starting with n° 2200 are available at the Documentation Française, Secrétariat Général du Gouvernement, Direction de la Documentation, 16, rue Lord Byron, PARIS VIIIème.

ETUDES DES PROCÉDES DE TRANSFORMATION DES
COMPOSÉS D'URANIUM A FORT ENRICHISSEMENT
ISOTOPIQUE

CONCEPTION ET RÉALISATION D'UN ATELIER DE TRAITEMENT

Par : Patrick NOLLET
Pierre SARRAT

COMMISSARIAT A L'ÉNERGIE ATOMIQUE

INTRODUCTION

Le développement des piles piscines de recherche et des réacteurs de propulsion navale fonctionnant avec de l'uranium à très fort enrichissement isotopique a posé le problème de la création en France d'une industrie de transformation de cette matière fissile concentrée. Par ailleurs le domaine des réacteurs employant de l'uranium faiblement enrichi s'étend lui aussi et la fabrication de ces divers combustibles produit une quantité non négligeable de déchets dans lesquels il s'agit de récupérer l'uranium avec un excellent rendement.

Il a donc été décidé de créer un ensemble d'ateliers de traitement d'uranium enrichi dont le but serait double : - assurer la conversion de l'hexafluorure d'uranium enrichi soit en uranium métal, soit en oxyde de qualité frittage ; - permettre la récupération de l'uranium contenu dans les déchets divers provenant des usines métallurgiques de fabrication des éléments combustibles.

Bien que les procédés chimiques de ces différents traitements soient largement connus, leur adaptation aux critères de sécurité nucléaire et la nécessité de minimiser les pertes, ont posé un certain nombre de problèmes de Génie Chimique particuliers. Nous exposerons ci-après les résultats les plus intéressants auxquels nous sommes parvenus, puis nous décrirons brièvement les principes qui ont été suivis pour la réalisation proprement dite des ateliers.

DESCRIPTION DES ETUDES ET ESSAIS EFFECTUES

1° - Conversion de l'hexafluorure d'uranium en tétrafluorure

Le problème de la conversion directe de l'hexafluorure d'uranium à fort enrichissement isotopique en tétrafluorure a été résolu en collaboration avec le Centre de Recherches de Lyon de la Société d'Electrochimie d'UGINE [1]. Le traitement devant se faire sur lots distincts d'importance relativement faible, nous désirions un procédé discontinu. Les premiers essais en autoclave, satisfaisants pour des opérations de conversion sur moins de 100 g d'uranium, conduisaient, pour des quantités supérieures à des fluorures intermédiaires collant aux parois du réacteur.

Pour éviter ces phénomènes d'adhérence aux parois lors de la réaction de conversion, on décida d'intecter l'UF₆ sous forme de fines gouttelettes liquides sous haute pression (80 bars) au sein d'une atmosphère d'hydrogène en excès (400 °C, 20 bars).

La réaction se produit instantanément entre les gouttelettes d'UF₆ et l'hydrogène, sans contact avec les parois. Le tétrafluorure formé tombe en fine poudre dans le pot de réception situé à la base du réacteur. On obtient ainsi un produit de densité apparente de l'ordre de 2, directement utilisable pour l'élaboration du métal. L'acide fluorhydrique gazeux et l'hydrogène en excès sont dirigés par purges successives vers une installation de lavage de gaz.

L'adaptation de cet appareillage de conversion qui a été faite pour les Ateliers de Cadarache répond aux exigences de sécurité concernant le traitement d'hexafluorure de tous enrichissements en ²³⁵U.

L'ensemble de l'appareillage est construit en nickel ou alliages à haute teneur en nickel, ceci pour limiter la pollution du produit obtenu. Le réacteur lui même est un tube de nickel de 80 mm de diamètre et 1,80 m de hauteur. Le

pot de réception du tétrafluorure fait 120 mm de diamètre et 0,3 m de hauteur. Cet appareil permet de traiter environ 3 Kg d'uranium par opération.

Une automatisation relativement poussée a été rendue nécessaire pour garantir la sécurité du personnel et éviter toute perte accidentelle du produit. Le chauffage est assuré par induction basse fréquence ; l'opération d'injection est effectuée par une pompe doseuse à membrane. Le clapet de refoulement a la forme d'une aiguille d'injecteur. A la fin d'une série d'injections, le réacteur est ouvert sous azote pour changer le pot de réception. L'ouverture de la culasse, ainsi que sa fermeture sont commandées par une séquence pneumatique programmée.

2° - Conversion de l'hexafluorure d'uranium en oxyde

Il s'agit ici d'obtenir un oxyde d'uranium apte à donner des combustibles frittés. On passe alors par le diuranate d'ammonium ; celui-ci est obtenu en injectant l'hexafluorure d'uranium gazeux dans une solution d'ammoniaque $\boxed{2} / \boxed{3}$. L'injecteur plongeant dans la solution est chauffé et muni d'un col sonique pour éviter tout bouchage. L'injection a lieu dans un premier précipitateur qui est alimenté en ammoniaque diluée (2 N). La solution passe alors par gravité dans un second précipitateur où une quantité supplémentaire importante d'ammoniaque est ajoutée. Cette précipitation en deux temps permet de jouer sur de nombreux paramètres (temps de séjour, température, rapport de concentrations entre l'ammoniaque et l'uranium) et d'obtenir ainsi la qualité de grains de diuranate désirée. Elle permet également d'avoir des eaux mères qui, après filtration, ne contiennent que quelques ppm d'uranium, les pertes de l'opération correspondant alors seulement à environ 10^{-4} de la quantité mise en oeuvre. Des précipitateurs de diamètre 100 mm et de hauteur 630 mm (figure 1) permettent de traiter 1,5 kg d'UF₆ à l'heure.

A titre d'exemple, les conditions d'un essai de précipitation sont indiquées dans le tableau 1a.

La diuranate d'ammonium est récupéré dans des filtres sécheurs que nous décrivons plus loin et il est ensuite transformé en U₃O₈ par un traitement de pyrohydrolyse à 700 ° C par de l'air humide qui lui enlève les 2 pour cent de fluor initial et n'en laisse que 50 ppm environ.

3° Retraitement des déchets métalliques d'uranium zirconium

Les déchets métalliques d'uranium zirconium à faible teneur pondérale en uranium, mais à fort enrichissement isotopique de cet uranium posent un délicat problème de retraitement.

Les seuls procédés éprouvés industriellement sont des procédés de dissolution en phase aqueuse, généralement nitrofluorhydrique et de raffinage par extraction au solvant. Les impératifs chimiques du procédé conduisent alors à des volumes très importants de solutions qui sont à manipuler et à contenir dans des récipients sous critiques. Il a paru de ce fait intéressant de se lancer dans une voie nouvelle qui était déjà à l'étude pour le retraitement des combustibles irradiés dans quelques laboratoires. Cette voie consiste à brûler l'alliage uranium-zirconium mis au sein d'un lit fluide inerte par le gaz chlorhydrique à 350 °C. A cette température les chlorures d'uranium sont très peu volatils et restent au sein du lit fluide tandis que le tétrachlorure de zirconium se sublime et est recueilli dans un condenseur après filtration sur un lit de matières inertes. La seconde phase du procédé permet la récupération de l'uranium sous forme d'hexafluorure en envoyant du fluor sur le lit fluide.

Après des essais en petit pilote au Centre d'Etudes Nucléaires de Fontenay aux Roses, un pilote a été monté en collaboration avec la Société Kuhlmann [4]. Ce pilote comprenait notamment un réacteur en nickel de 200 mm de diamètre qui permettait la combustion de 3 kg/heure de déchets d'uranium zirconium avec des pertes en uranium de l'ordre de 0,1 pour cent. Le rendement d'utilisation de l'acide chlorhydrique est de l'ordre de 50 à 60 pour cent et celui du fluor de 10 pour cent.

4° Retraitement des déchets divers contenant de l'uranium enrichi

Les déchets produits dans les unités de fabrication des éléments combustibles peuvent revêtir des formes très diverses : chiffons, solutions de décapage,

sels divers, boues, sciures, limailles, copeaux, creusets de fusion contaminés, pièces massives. Il est économiquement indispensable d'en récupérer l'uranium enrichi contenu avec un excellent rendement et de le remettre sous forme utilisable pour ces ateliers de métallurgie, c'est à dire sous forme métal ou oxyde. Pour ce faire, le procédé le plus souple et le plus universel reste celui qui est employé dans les usines de raffinage de l'uranium et qui consiste à séparer l'uranium par extraction au solvant, après l'avoir mis en solution nitrique. Une fois la solution pure d'uranium obtenue, on précipite le diuranate d'ammonium par l'ammoniaque et ensuite, successivement, on calcine, réduit et fluorure ce sel d'uranium. L'opération de métal se fait par une calciothermie dont le rendement, pour de petites quantités, reste supérieur à celui de la magnésiothermie, et dont la mise en oeuvre pour ces dernières, est plus simple. Enfin, un traitement des scories d'élaboration permet d'en récupérer l'uranium inclus.

a) Grillage des déchets métalliques

La première opération de ce raffinage consiste à griller les déchets métalliques (sciures, limailles, copeaux, morceaux massifs) pour mettre l'uranium sous forme d' U_3O_8 que l'on pourra dissoudre facilement ensuite dans l'acide nitrique.

Pour les faibles enrichissements isotopiques ($e \leq 3$ pour cent) ceci est réalisé dans un four en réfractaire parallélépipédique d'épaisseur 15 cm. Pour les forts enrichissements, on a mis au point un four vertical cylindrique en acier inoxydable réfractaire (Z 15 CNS 25/20) de diamètre 100 mm et de hauteur 1,2 m surmonté d'une partie cylindrique élargie de diamètre 125 mm et de hauteur 0,4 m. Ce four permet le grillage d'une charge de 5 kg d'uranium en 3 heures environ. Les copeaux sont chargés par le haut du four.

Le démarrage est ensuite effectué en créant un point chaud sur le bas de la paroi du four à l'aide d'un enroulement électrique blindé. La combustion des copeaux progresse alors d'elle-même de bas en haut ; elle est contrôlée en réglant les débits d'air et d'azote introduits dans le four. Les gaz sont lavés et filtrés

avant rejet, le four étant maintenu en légère dépression. Le défournement de la poudre d' U_3O_8 a lieu par le bas du four dans un container de diamètre nucléairement sûr.

b) Dissolution nitrique de l' U_3O_8

Toutes les opérations mettant en jeu des matières fissiles concentrées à la fois sous forme solide et liquide sont particulièrement délicates à mettre en oeuvre. C'est pourquoi, en ce qui concerne les forts enrichissements isotopiques la dissolution de l' U_3O_8 dans l'acide nitrique d'une part, et la précipitation du diuranate d'ammonium d'autre part, ont fait l'objet de mises au point très poussées en pilote.

Pour la dissolution nitrique, on a réalisé un ensemble avec recirculation de la solution d'attaque et récupération des vapeurs nitreuses (figure 2). La charge d'oxyde (3,5 litres environ) est introduite dans le pot de dissolution en la disposant dans un panier tapissé d'une toile d'acier inoxydable. Un chauffage électrique maintient la solution à l'ébullition. Celle-ci traverse le pot de dissolution et est recueillie dans des bacs calorifugés de diamètre nucléairement sûr.

La solution est continuellement remontée par air-lift fonctionnant à l'oxygène avec un débit liquide de 5 l/mn jusqu'au dessus du pot d'attaque dans un séparateur cyclonaire d'où elle s'écoule par gravité. Une colonne de condensation absorption joue le double rôle de condenser l'eau évaporée dans le pot de dissolution et de faire absorber par cette eau les vapeurs nitreuses produites par l'attaque. La réoxydation des vapeurs nitreuses est réalisée par l'introduction d'oxygène qui est faite au bas de l'air lift. L'ensemble condenseur absorbeur est refroidi par une circulation d'eau. La filtration des stériles insolubles s'effectue sous vide dans des filtres plats de 0,25 m² et d'épaisseur nucléairement sûre.

c) Purification par solvant

On a donc obtenu une solution nitrique impure d'uranium. Cette solution

est purifiée par extraction par solvant à l'aide du tributylphosphate dilué à 20 ou 30 pour cent en volume dans le dodécane (hydrocarbure aliphatique saturé, mélange d'isomères en $C_{12}H_{26}$). Ce raffinage se fait, soit en colonnes à plateaux perforés, pulsées à l'air comprimé, soit en mélangeurs décanteurs.

Les colonnes pulsées sont en verre pyrex calibré, les plateaux perforés sont en acier inoxydable pour les colonnes d'extraction (2 colonnes en série de 3 m de hauteur utile chacune) et pour la colonne de lavage du solvant chargé, mais on a choisi pour la réextraction une alternance de plateaux en acier inoxydable et de plateaux téflon, ce qui permet à la fois une bonne efficacité et une capacité satisfaisante.

Les mélangeurs décanteurs sont du type à boîte imbriquée, taillés dans un bloc unique de polyéthylène et ils sont munis de déversoirs qui maintiennent le niveau de liquide inférieur à 30 mm. Les stockages de toutes les solutions intervenant dans le procédé sont réalisés dans des cylindres verticaux en acier inoxydable de diamètre 125 mm pour les forts enrichissements et 300 mm pour les faibles enrichissements.

d) Précipitation, filtration, séchage du diuranate d'ammonium

L'extraction par solvant fournit une solution pure de nitrate d'uranyle contenant entre 60 et 100 g/l d'uranium. La précipitation du diuranate d'ammonium s'effectue alors en deux temps dans deux précipitateurs cylindriques agités de 100 mm de diamètre et 630 mm de hauteur construits en verre pyrex et en acier inoxydable et tout à fait analogues à ceux qui servent à la précipitation du diuranate d'ammonium à partir d'hexafluorure d'uranium.

Le nitrate d'uranyle est alimenté à débit constant, 10 à 20 l/h, dans le premier précipitateur où il rencontre une solution d'ammoniacale 5 N dont le débit est réglé de telle manière que le rapport NH_3/U soit sensiblement égal à 1. Les solutions ont été préalablement réchauffées vers 60° C et les précipitateurs sont

thermostatés à 60 °C (figure 1). Le précipité déborde du premier précipitateur dans le second où la précipitation est terminée à pH : 9 par addition d'un supplément d'ammoniaque. Ces conditions physico chimiques sont très importantes [3] pour l'obtention d'agglomérats de grains ayant des qualités satisfaisantes pour les réactions gaz solide ultérieures, c'est à dire, d'une part, une réactivité suffisante et d'autre part, une bonne résistance mécanique. A titre d'exemple, on trouve dans le tableau 1 b les paramètres d'une précipitation.

Le précipité est ensuite séparé de ses eaux mères dans un filtre vertical d'épaisseur nucléairement sûre [5]. Un second filtre est en attente ; ce filtre constitue une plaque d'épaisseur totale intérieure 35 mm et de capacité utile 4,5 litres, séparé en deux par une toile de filtration en tissu téflon (figure 3). Les eaux mères et le précipité entrent dans la goulotte ; le précipité remplit lentement le cadre de bas en haut sur une épaisseur de 20 mm environ ; les eaux mères passent à travers la toile en téflon et sont soutirées par mise au vide.

Une fois plein en position verticale, le filtre est essoré pendant quelques minutes par une pompe à vide. Il est ensuite basculé en position horizontale de telle manière que le précipité repose sur la plaque d'acier inoxydable qui est garnie extérieurement de résistances chauffantes. En chauffant cette paroi vers 230 ° C et avec une circulation d'air, on procède au séchage, et même à un début de calcination du précipité qui se craquelle et perd près de 30 pour cent de son volume.

Le renversement du filtre en position verticale permet son déchargement directement dans le panier du four de réduction fluoruration où l'on procèdera aux réactions suivantes gaz solide. Le sel obtenu après cette précalcination contient environ 75 pour cent en poids d'uranium et 2 à 3 pour cent en poids de NH_3 . On est ainsi passé de l'état suspension dans un liquide à l'état solide, sans manipulation extérieure du produit.

e) Réduction fluoruration

Pour les forts enrichissements, les lots à traiter étant souvent petits,

les opérations de réduction et de fluoruration sont effectuées successivement dans un même réacteur en inconel de diamètre intérieur total égal à 125 mm et de hauteur 0,85 m / 6 /. L'hydrogène et l'acide fluorhydrique sont envoyés successivement et le front d'avancement de la réaction est contrôlé par des thermocouples répartis au coeur du produit.

Les opérations décrites ci-dessus sont évidemment plus faciles à réaliser à l'intérieur des normes géométriques correspondant à un enrichissement isotopique de 3 pour cent. La précipitation du diuranate d'ammonium fonctionne suivant le même principe mais la filtration est alors opérée sur un filtre à tambour rotatif de 0,5 m² de surface filtrante. Le gâteau de filtration tombe dans un four cylindrique de séchage et calcination qui donne des granulés d'UO₃. Ceux ci sont réduits et fluorés en continu dans un four en L de diamètre intérieur 100 mm et d'un principe analogue à ceux qui équipent l'usine de raffinage de l'uranium du Centre du Bouchet.

f) Elaboration du métal

L'élaboration de l'uranium métal s'effectue ensuite par calciothermie. Pour les lingots de fort enrichissement isotopique, lingots de 1kg en principe, un appoint extérieur de calories est nécessaire et il est fourni par un chauffage par induction à haute fréquence, ce qui permet une bonne décantation du métal et un excellent rendement : de l'ordre de 99 pour cent.

g) Retraitement des scories

Les scories d'élaboration contiennent cependant des quantités non négligeables d'uranium - pouvant aller de 1 à 3 pour cent pour les lingots plus importants à faible enrichissement - et il est indispensable d'en récupérer la matière fissile. Pour cela, des appareils permettant le délitage des scories dans l'eau chaude, puis la dissolution nitrique de l'uranium, ont été expérimentés et mis au point.

Les ateliers de traitement d'uranium enrichi sont implantés dans le Centre d'Etudes Nucléaires de Cadarache. Ils comprennent (fig.4) un bloc commun où sont réunis les vestiaires, bureaux et laboratoires, des services généraux classiques et quatre ateliers indépendants. L'ensemble est séparé en deux zones suivant l'enrichissement isotopique en ^{235}U de la matière à traiter : l'une de 0,7 à 3 pour cent et l'autre de 3 à 93 pour cent.

1°) La zone à faible enrichissement isotopique comprend une partie du bloc commun à l'atelier D. Celui-ci est destiné à la récupération de l'uranium d'enrichissement isotopique inférieur ou égal à 3 pour cent en ^{235}U à partir des déchets divers. Il fonctionne suivant le schéma général de raffinage de l'uranium par extraction par le tributyl-phosphate en milieu nitrique. Il comporte en fait deux chaînes parallèles de traitement dont l'une a un débit de 1 kg d'uranium à l'heure et l'autre de 5 kg. L'appareillage satisfait aux normes géométriques de criticité pour un enrichissement isotopique de 3 pour cent à l'exception des salles d'élaboration par calciothermie et de retraitement des scories dont la sécurité repose sur la masse d'uranium contenue dans la salle.

2°) La zone à fort enrichissement isotopique comprend une partie du bloc commun et trois ateliers : A, B et C. Cette zone est entièrement conçue suivant les normes géométriques de criticité pour un enrichissement isotopique de 93,5 pour cent en ^{235}U .

a) L'atelier A effectue la conversion à partir de l'hexafluorure d'uranium, soit en uranium métal par réduction directe par l'hydrogène en tétrafluorure, puis calciothermie, (la capacité de traitement est de 3 kg par poste de travail de 8 heures) soit en U_3O_8 par précipitation du diuranate d'ammonium, filtration, séchage et pyrohydrolyse. La capacité de traitement est ici d'un kilogramme d'uranium par heure.

b) L'atelier B est destiné à la récupération par voie sèche, par l'acide chlorhydrique, puis le fluor, de l'uranium contenu dans les déchets métalliques d'alliages uranium-zirconium et uranium aluminium. Les plans de cette chaîne sont prêts mais la réalisation en a été différée pour l'instant.

c) L'atelier C récupère l'uranium contenu dans les déchets divers suivant le même procédé chimique. De nombreuses possibilités d'interconnexions ont été prévues entre les appareils pour permettre une adaptation rapide aux différents types de déchets que l'atelier peut être amené à traiter. Les opérations chimiques ont été étudiées afin de permettre un excellent rendement de récupération de l'uranium.

Dans toute cette zone, tous les appareils sont géométriquement sûrs. Aucun récipient ou appareil autre que ceux du procédé ne peut entrer dans l'atelier. L'interaction entre tous les appareils du procédé a été évaluée en tenant compte d'une réflexion totale et en supposant les appareils remplis d'uranium à la modération optima. Cette zone est entièrement séparée de la zone faible enrichissement et, en particulier, les réseaux de ventilation et d'effluents sont distincts.

Les préparations des réactifs nécessaires à la marche de tous ces ateliers (A, B, C, D,) sont effectuées à l'extérieur des ateliers dans les appentis qui courent le long des bâtiments des ateliers.

Les travaux ont commencés en Mai 1962 et les opérations de traitement d'uranium enrichi en Mai 1964 ; la surface couverte de ces ateliers est de 3.500 m². Le coût des immobilisations s'élève à 1,05 M de francs dont 0,7 M de francs pour le bâtiment et les utilités et 0,35 M de francs pour le Génie Chimique.

Ces ateliers devraient être capables de couvrir les besoins de retraitement des déchets d'uranium enrichi et de conversion d'hexafluorure pour la France, et une partie des pays européens, pour les prochaines années.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Brevet Français n° P.V. 965 056 du 25 Février 1964
- [2] Brevet Français n° P.V. 895 322 du 21 Avril 1962
- [3] VUILLEMEY R. "Contribution à l'étude chimique et technologique de la précipitation du diuranate d'ammonium".
Rapport CEA n° 2.204 ; - 1962
- [4] BOURGEOIS M., NOLLET P. "Etude du traitement chimique des combustibles U-Zr par voie sèche"
Rapport CEA - 1964
- [5] Brevet Français, n° P.V. 881 457 du 8 Décembre 1961
- [6] Brevet français n° P.V. 943 235 du 30 Juillet 1963.

TABLEAU I

a) Conditions de Précipitation d'UF₆ dans l'ammoniaque (essai 51)

Premier précipitateur			deuxième précipitateur			eaux mères après filtration		
Débit UF ₆	débit NH ₄ OH	température	débit NH ₄ OH	température	NH ₃	fluor	U	
1 000 g/h	30 l/h en 2 N	60 °C	10 l/h en 10N	60 °C	53 g/l	2,3 g/l	1 mg/l	

b) Conditions de précipitation du nitrate d'uranyle par l'ammoniaque 5N (essai 43)

Nitrate d'uranyle envoyé dans le premier précipitateur			Ammoniaque 5,15 N		Eaux mères après filtration
débit	teneur en U	acidité libre	1er précipitateur	2ème précipitateur	eaux mères après filtration
20 l/h	60 g/l	0,06 N	1,2 l/h	1,6 l/h	1 mg/l en U
			NH ₃ /U = 1	pH = 8,8	

PRECIPITATION FILTRATION SECHAGE
DU DIURANATE D'AMMONIUM POUR URANIUM TRES ENRICHI

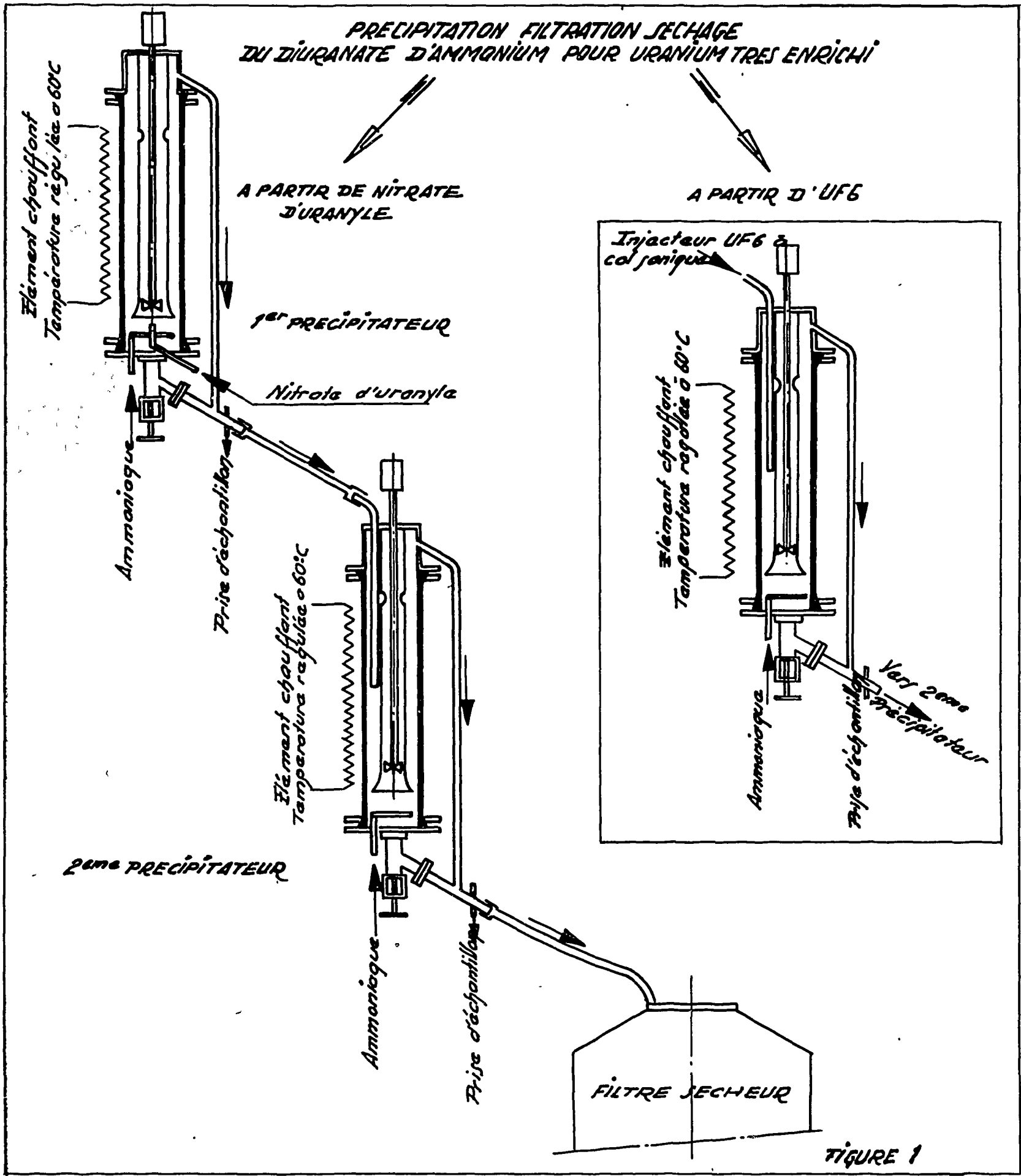
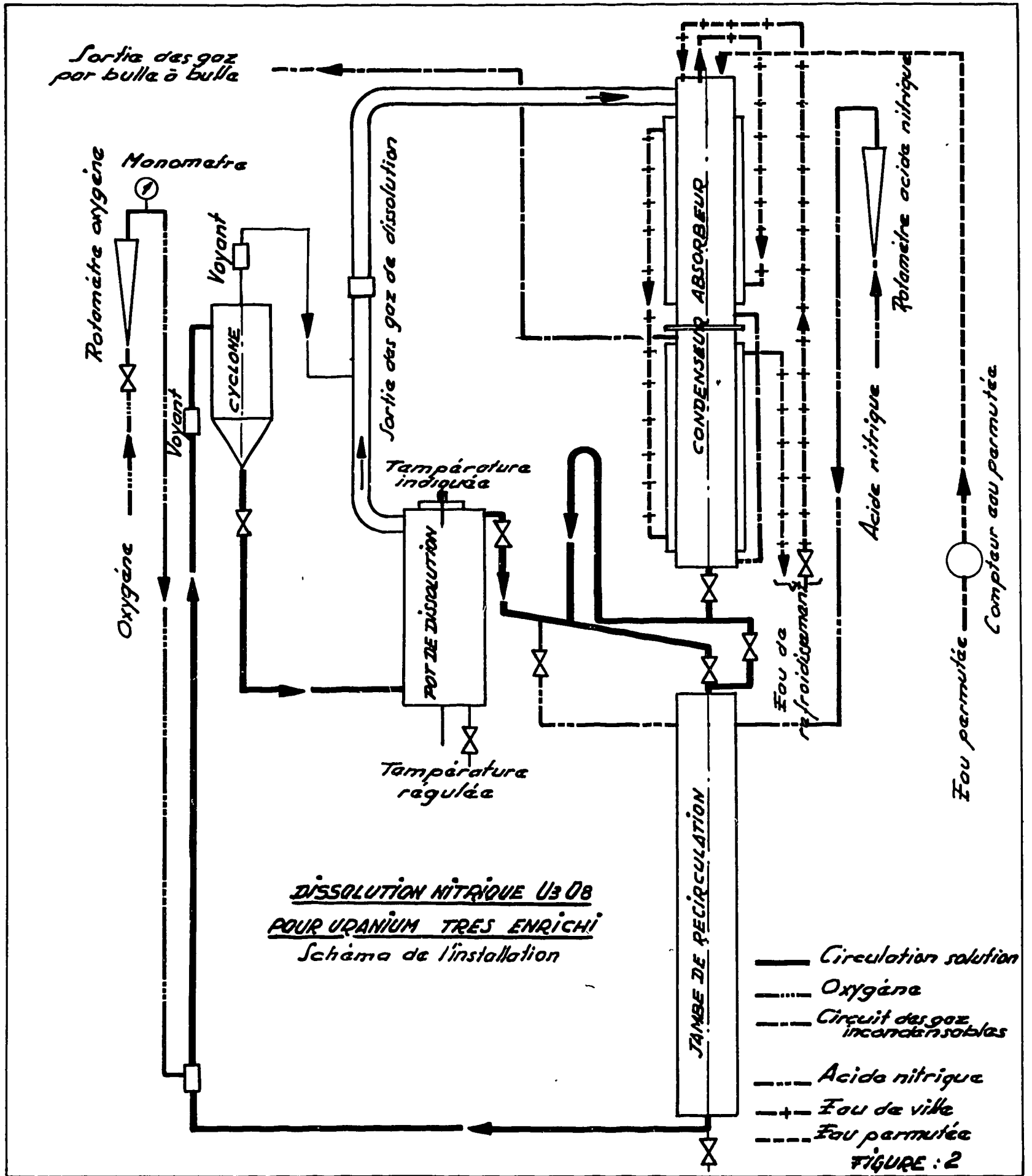


FIGURE 1



FILTRATION SECHAGE DE DIURANATE D'AMMONIUM
POUR URANIUM TRES ENRICHI

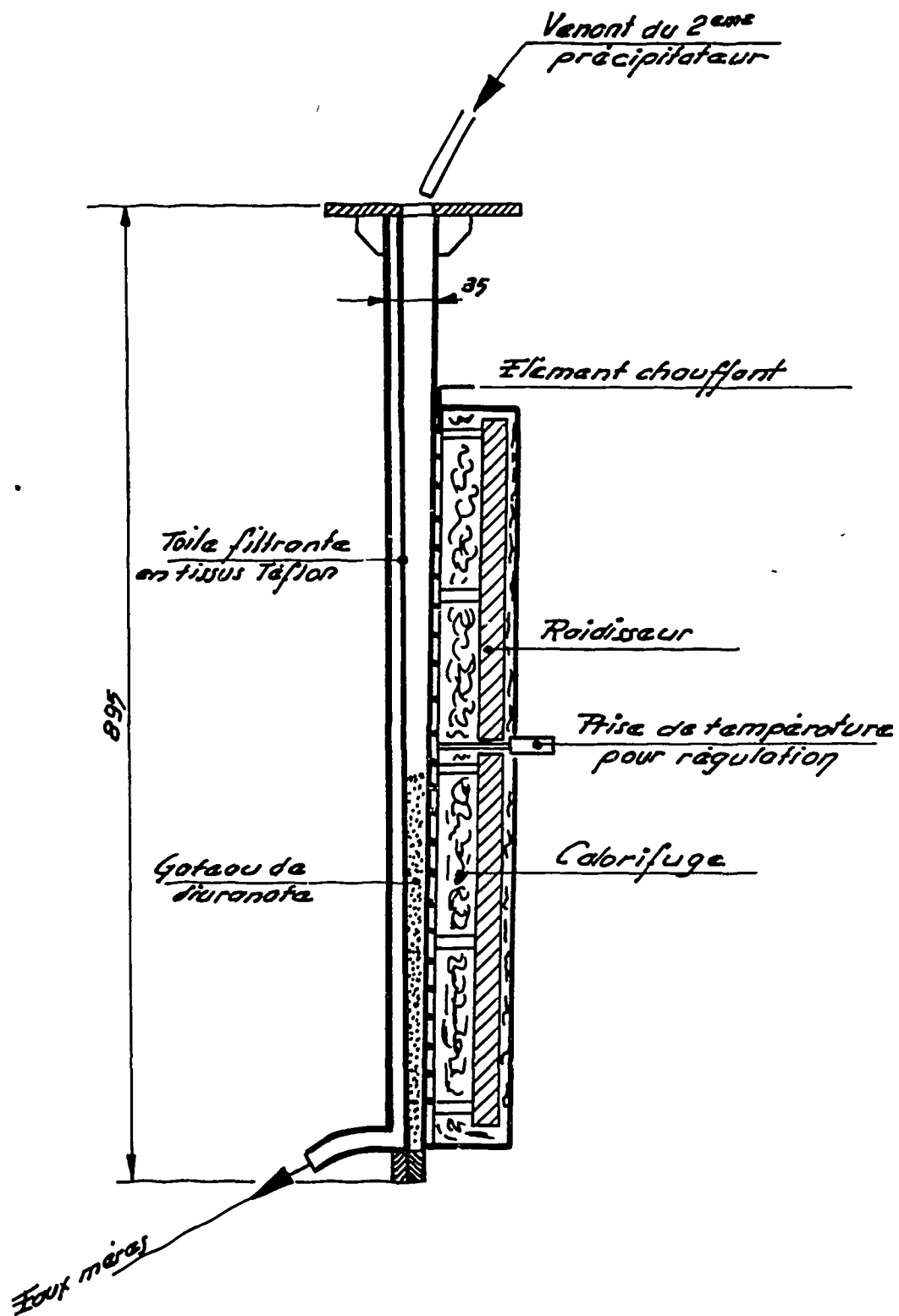
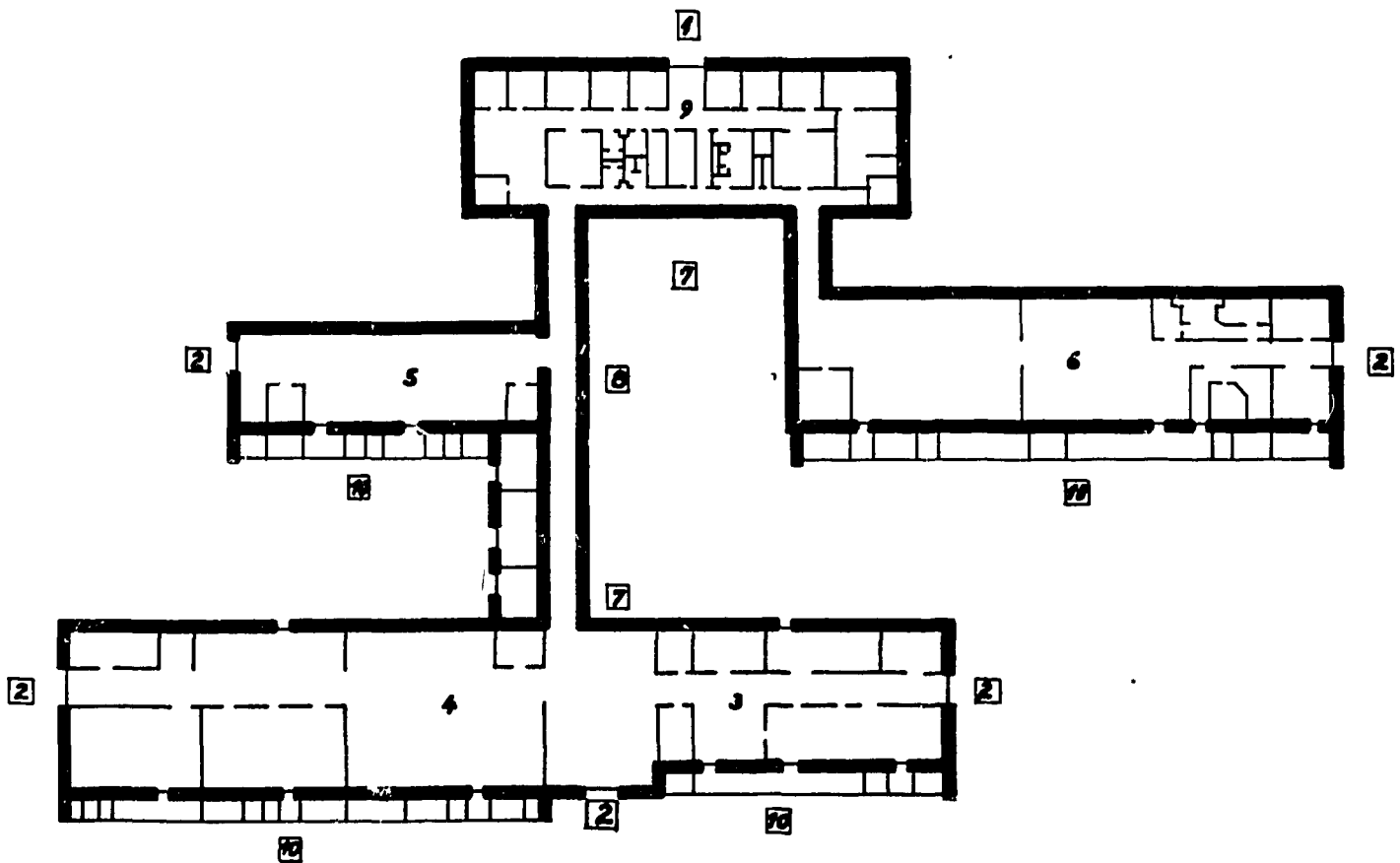


FIGURE: 3



ATELIERS DE TRAITEMENT D'URANIUM ENRICHI

plan masse

- | | | |
|--|--|--|
| <p>1 Entrée du personnel</p> <p>2 Entrée du matériel</p> | <p>3 Transformation de l'hexafluorure</p> <p>4 Récupération de l'uranium enrichi par voie humide . Atelier C</p> <p>5 Récupération de l'uranium enrichi par voie sèche . Atelier B</p> | <p>Zone de traitement des faibles enrichissements</p> <p>6 Récupération de l'uranium enrichi par voie humide Atelier D</p> <p>7 Relevage des effluents</p> <p>8 Cheminée d'extraction</p> <p>9 Bureaux et vestiaires</p> <p>10 Apprentis</p> |
|--|--|--|

FIGURE: 4

FIN